



ANÁLISIS MULTITEMPORAL UTILIZANDO IMÁGENES LANDSAT PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO MAGDALENA

MULTITEMPORAL ANALYSIS USING LANDSAT IMAGES TO DETERMINE THE LOSS OF PRODUCTIVE CAPACITY IN THE MIDDLE BASIN OF THE MAGDALENA RIVER

Laura Daniela Rodríguez Torres
3101528
Ingeniera Catastral y Geodesta

Director:
Ing. Freddy León Reyes M.Ed

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
JUNIO DE 2021
BOGOTÁ-COLOMBIA**

ANÁLISIS MULTITEMPORAL UTILIZANDO IMÁGENES LANDSAT PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO MAGDALENA

MULTITEMPORAL ANALYSIS USING LANDSAT IMAGES TO DETERMINE THE LOSS OF PRODUCTIVE CAPACITY IN THE MIDDLE BASIN OF THE MAGDALENA RIVER

Laura Daniela Rodríguez Torres
Ingeniera Catastral y Geodesta.
Universidad Militar Nueva Granada.
Bogotá, Colombia
es.laurada.rodrig2@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La presente investigación muestra los resultados de un análisis multitemporal de la cuenca media del Río Magdalena para determinar el impacto que ha tenido la intervención humana en la transformación del paisaje y cómo esto ha debilitado la capacidad productiva del suelo en dicha zona. Por medio de imágenes Landsat tomadas en los años 1998, 2007 y 2020 se realiza una comparativa del cambio en las coberturas de la cuenca media del Río Magdalena y se determina el área de las coberturas presentes en la zona que han sido afectadas con el paso del tiempo, para ello se realiza una clasificación supervisada en el área de estudio. Se presenta la clasificación de coberturas durante los periodos analizados.

Este análisis llevó a la conclusión de que los asentamientos urbanos transformaron el paisaje, no solo por el crecimiento de las zonas urbanas, agrícolas y mineras y la producción de zonas ganaderas, sino por la tala indiscriminada de bosque nativo.

Palabras Clave: Sistemas de información Geográfica, Percepción Remota, Imágenes Landsat, Clasificación supervisada, Análisis Multitemporal.

ABSTRACT

This research shows the results of a multitemporal analysis of the middle basin of the Magdalena River to determine the impact that human intervention has had on the transformation of the landscape and how this has weakened the productive capacity of the soil in that area. By means of Landsat images taken in the years 1998, 2007 and 2020, a comparison of the change in the coverage of the middle basin of the Magdalena River is made and the area of the coverage present in the area that has been affected by the passage of the river is determined. time, for this a supervised classification is carried out in the study area. The classification of hedges is presented during the periods analyzed.

This analysis led to the conclusion that urban settlements transformed the landscape, not only due to the growth of urban, agricultural and mining areas and the production of livestock areas, but also due to the indiscriminate felling of native forest.

Keywords: Geographic Information Systems, Remote Sensing, Landsat Images, Supervised Classification, Multitemporal Analysis.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de la percepción remota en los estudios medioambientales proporciona información espacial relevante para realizar un seguimiento a diversos fenómenos que son de importancia para el hombre (Rodríguez Barrientos & Velázquez Bermúdez, 2020), estos estudios pueden ser la base para la toma de decisiones en la planeación de un País, Ciudad o Municipio. La percepción remota es una herramienta que permite recopilar información importante sobre la superficie, analizando patrones de coberturas y uso.

En cuanto a la clasificación de coberturas vegetales mediante la percepción remota constituye un elemento importante dentro de los procesos de cambios ambientales en el territorio, el conocer cómo se encuentran distribuidas las coberturas permite estimar el potencial de la zona evaluada y hacer uso de ella supliendo las necesidades de la población (Prof. Da Silva, Lic. Insaurralde, & Dr. Cardozo, 2014). Gracias a la percepción remota apoyada con los Sistemas de Información Geográfica es posible hacer un reconocimiento de las coberturas y los cambios que se presentan en ellas. La clasificación supervisada es una herramienta que brinda la opción de determinar diferentes coberturas presentes en el territorio, con este método se crean zonas de entrenamiento los cuales son agrupados por características espectrales o clusters y se debe asociar una clase temática a cada uno de dichos grupos de forma manual. Se hará uso de esta herramienta para evidenciar la variabilidad en cuanto a las coberturas existentes sobre la Cuenca Media del Río Magdalena.

El río Magdalena constituye el eje de desarrollo nacional más importante, desde el punto de vista geográfico-espacial, ambiental, cultural, social, económico, demográfico, urbano, histórico y, por supuesto, hidrográfico (Bernal Duffo, 2013).

La cuenca del Río Magdalena es el sistema de drenaje más importante de Colombia, tiene una extensión de 1.540 kilómetros y una superficie de 257.438 kilómetros cuadrados aproximadamente que corresponde al 24% de la superficie total de Colombia, donde habita el 80% de la población, se realiza el 85% de la actividad económica (PIB) y tiene una oferta del 10% del sistema hidrológico colombiano (EAFIT, 2017).

A la cuenca del río Magdalena están vinculados 20 departamentos: Antioquia, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, Huila, La Guajira, Magdalena, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle del Cauca, de los cuales 8 quedan dentro de la cuenca. En sus orillas están asentados 129 municipios, 23 corporaciones autónomas regionales, 46 resguardos indígenas, 2 áreas de reserva campesina (Bernal Duffo, 2013). Nueve de los departamentos mencionados anteriormente pertenecen a la cuenca Media del Río Magdalena.

Durante los últimos años se ha visto afectada en su gran mayoría por la intervención del hombre y por algunos eventos naturales causados por el cambio climático, se ha afectado su cobertura vegetal, causando una degradación del suelo y por ende la pérdida de capacidad productiva del mismo.

Se han realizado diversos estudios multitemporales tanto en Colombia como en diferentes lugares del mundo, a continuación, se nombran algunos de los estudios que fueron analizados para el desarrollo de la presente investigación:

Análisis espacio-temporal de la desertificación usando los sensores NOAA-AVHRR y Landsat –TM, donde el objetivo principal de esta investigación es utilizar imágenes de diferente resolución espacial y temporal para obtener una visión global del grado de deforestación existente en Haití, realizando un análisis del sinergismo entre las imágenes y la temperatura e índices de vegetación en la superficie de estudio (Hernández Leal).

La universidad del Valle realizó en 1998 un estudio demostrativo sobre coberturas y cambios de uso del suelo en la región de Buenaventura, Colombia mediante un Análisis multitemporal con imágenes Landsat TM de 1986 y 1997, el desarrollo de este proyecto permitió identificar dinámicas de intervención de la cobertura vegetal y patrones de expansión urbana en la zona (Universidad del Valle, 1998).

Estudio Multitemporal de imágenes satelitales con fines de delimitación del complejo Bajo San Jorge margen izquierdo (B13) y diagnóstico de zonas intervenidas antrópicamente (Agricultura y Ganadería), donde las imágenes se dividieron en distintas clases de tal forma que los píxeles que presentan características espectrales similares son agrupados en la misma clase, dando como resultado la delimitación del Complejo B13 (Atencia Vergara, Contreras Chavez, & Vergara Herrera, 2008).

Se puede observar que los análisis multitemporales son una fuente para la determinación de las dinámicas del territorio, con ellos es posible hacer una correcta planificación en diversos ámbitos, hacer mitigaciones de riesgos ambientales, análisis de expansión urbana, entre otros.

Los análisis multitemporales, son análisis de tipo espacial, que se desarrollan mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos o más imágenes con fecha de toma diferente, lo cual permite estimar los cambios ocurridos en el área de estudio por medio de la clasificación de cobertura realizada (Chuvienco, 1990), este ejercicio implica la adquisición de imágenes, la preparación de las mismas, la clasificación de coberturas y finalmente la interpretación de los cambios presentes en la región estudiada.

En esta investigación se utilizan productos de sensores remotos con los cuales se van a elaborar mapas de cobertura para tres temporalidades, se hará uso de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica para lograr como resultado una muestra del comportamiento de las coberturas presentes en la Cuenca del Río Magdalena con el paso del tiempo.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 METODOLOGÍA

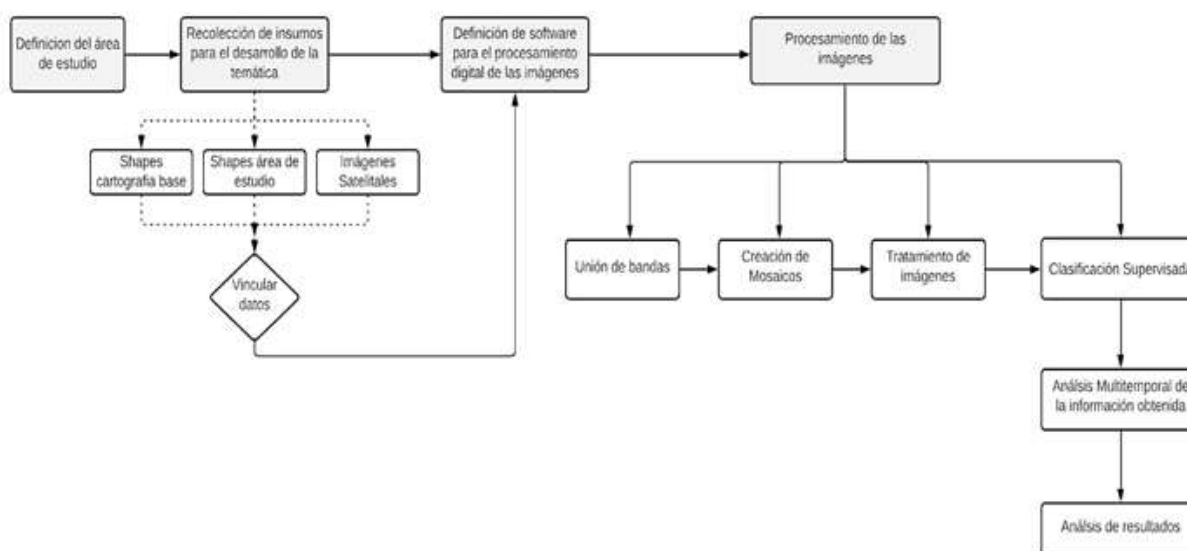


Imagen 1. Metodología de desarrollo

1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca media del Río Magdalena está conformada por 9 Departamentos los cuales son Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cesar, Cundinamarca, Norte de Santander, Santander y Tolima, cuenta con una extensión superficial de 84.520,24 km² aproximadamente.

Es una zona que se caracteriza por su riqueza en productos agrícolas, ganadería, minería y pesca.

A continuación, se muestra el área de estudio a nivel nacional y departamental:



Imagen 2. Área de estudio - Cuenca Media del Río Magdalena

1.2 MATERIALES

1.2.1 ADQUISICIÓN DE CARTOGRAFÍA BASE Y ÁREA DE ESTUDIO

La cartografía base es tomada de los datos abiertos del IGAC, los cuales se encuentran disponibles en el link <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>, esta información cuenta con los datos necesarios para lograr la ubicación correcta del área de estudio. La información de la cuenca hidrográfica es tomada de la cartografía elaborada por el Subdirector de Ecosistemas e Información Ambiental del IDEAM, con información obtenida del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras e información del IDEAM.

1.2.2 SOFTWARE

Para el análisis de las imágenes satelitales y su posterior procesamiento se hace uso del Software Erdas Imagine, con la licencia suministrada por la universidad, este software es un sistema para la creación y procesamiento de datos geospaciales, con el cual se estudiarán las imágenes descargadas y mediante diferentes análisis y procesamiento se contribuirá con el desarrollo de la temática propuesta para el presente artículo.

Así mismo es necesario apoyar el desarrollo del proyecto en el software ArcMap y Google Earth, este último para tener material de apoyo en la verificación de las coberturas de la zona de estudio.



Imagen 3. Software utilizado para el desarrollo del proyecto.

1.2.3 ADQUISICIÓN Y REQUISITOS DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Las imágenes satelitales utilizadas para el desarrollo de la temática son obtenidas de la página <https://earthexplorer.usgs.gov/>, en total se adquirió un total de 24 imágenes, divididas en 8 imágenes para cada uno de los años a analizar (1998, 2007 y 2020) las cuales cubren en totalidad el área de la Cuenca Media del Río Magdalena.

A continuación, se muestra una imagen ejemplo de la zona de estudio por cada uno de los años que se requiere analizar:



Imagen 4. Insumo imagen Landsat TM 5, 1998-01-05

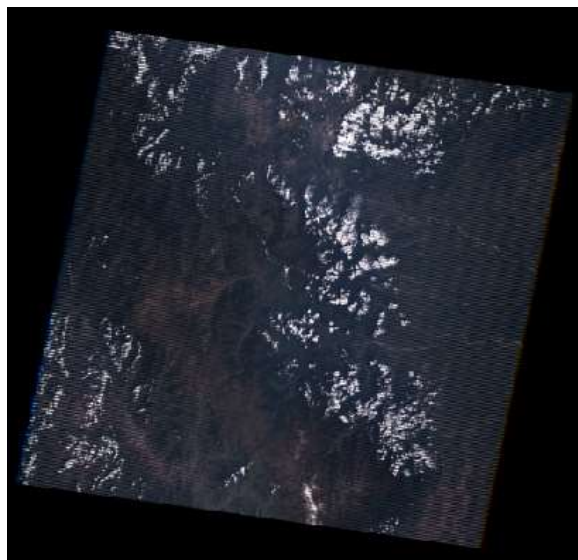


Imagen 5. Insumo imagen Landsat ETM 7, 2007-01-31



Imagen 6. Insumo imagen Landsat 8, 2020-01-03

Las imágenes deben cumplir con los siguientes requisitos:

- ✓ Es conveniente que la fecha de la toma de las imágenes utilizadas en el desarrollo de la problemática del presente artículo sea de épocas similares, se elige los primeros meses del año.
- ✓ La combinación de bandas se realiza con las 6 bandas del espectro electromagnético (Azul, rojo verde, dos del infrarrojo cercano y una banda del medio).
- ✓ La cobertura por nubosidad no debe superar el 25% en las imágenes.
- ✓ Se debe disponer de los metadatos de cada una de las imágenes.

Para corregir el error de bandeado en las imágenes Landsat 7 se recurre a la herramienta de Toolbox para Landsat instalada en Arcgis - ArcMap, la cual interpola datos y cubre los gaps de bandedo. Se ingresa cada una de las bandas de las imágenes descargadas y como resultado se obtiene una nueva imagen sin brechas.

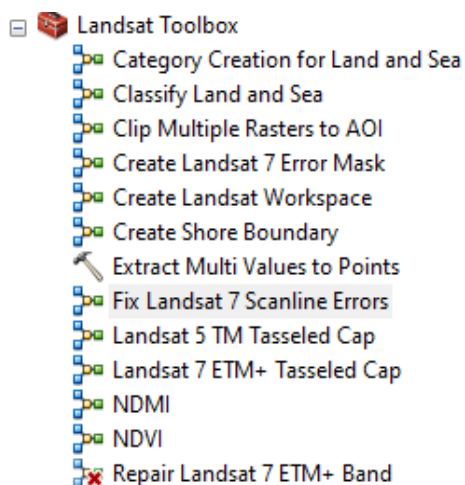


Imagen 7. Herramienta Toolbox para corregir bandeamiento en imágenes Landsat 7.

A continuación, se muestra una comparación de la imagen con gaps y la imagen obtenida luego del procesamiento con la herramienta Fix Landsat 7 Scaline Errors.



Imagen 8. Área Imagen Landsat 7 con error de bandeamiento.



Imagen 9. Área Imagen Landsat 7 con corrección de bandeamiento con herramienta Toolbox.

Las imágenes Landsat están conformadas por diferentes bandas, entre las cuales se encuentran la banda del azul, rojo y verde, posee bandas de infrarrojo cercano y medio, banda térmica y la banda pancromática. Para realizar el análisis multitemporal es necesario realizar una unión de dichas bandas para realizar combinaciones y aplicar filtros para resaltar atributos de las imágenes.

Por medio del software Erdas Imagine se realiza una unión de bandas con la herramienta Layer Stack obteniendo una única imagen con todas las bandas, a cada una de las imágenes descargadas por cada fecha se debe realizar el mismo procedimiento, una vez obtenidas las imágenes completas se procede a realizar tres mosaicos, uno por cada fecha, los cual abarcaran toda la zona de estudio.

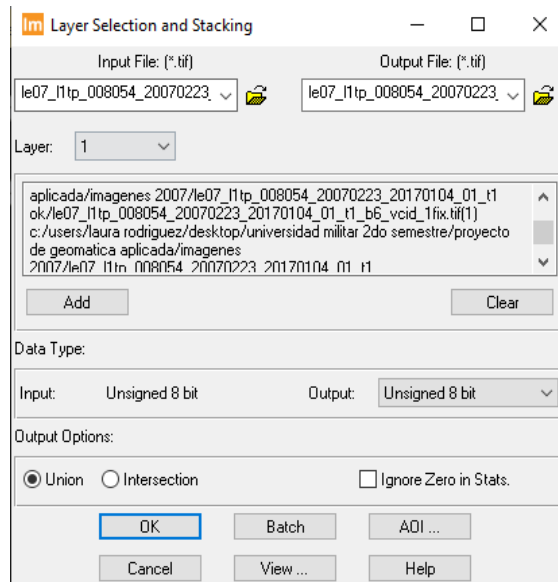


Imagen 10. Configuración herramienta Layer Stack para la unión de bandas.

El mosaico se realiza mediante el módulo Mosaic Pro del Software Erdas Imagine obteniendo tres mosaicos, uno por cada fecha, luego se debe hacer el recorte conforme al Shape de la Cuenca Media del Río Magdalena.

1.3 MÉTODOS

1.3.1 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

Los análisis multitemporales son procedimientos cuyo objetivo principal es capturar datos de carácter geográfico y numérico con el fin de crear una base de datos sobre alguna extensión del territorio, para este caso particular se realiza una delimitación del territorio basado en el polígono de la Cuenca Media del Río Magdalena como se evidencia en la Imagen 11.



Imagen 11. Delimitación del territorio.

Para la elaboración de esta investigación se utilizaron imágenes Landsat de los años 1998, 2007 y 2020, descargadas de la página WEB de U.S Geological Survey.

Gracias a la teledetección espacial es posible realizar el estudio en la cobertura vegetal, evidenciando cambios en la misma debido a eventos naturales o por a la intervención del hombre. Estos análisis pueden llevarse a cabo dado que se toma la información de sensores ubicados en órbita los cuales tienen ciclos estables y repetitivos.

Para el caso particular se evalúan los cambios de la cobertura vegetal y la pérdida de la capacidad productiva de la Cuenca Media del Rio Magdalena, causada por actividades naturales o antrópicas.

La detección de cambios en la cobertura, se realiza comparando los niveles digitales de las imágenes pixel a pixel. Para esto, las imágenes deben ajustarse entre sí permitiendo un análisis de la comparación de manera objetiva. La realización de estos análisis de cobertura aporta información relevante para la planificación, estudio del impacto ambiental y gestión territorial entre otros.

1.3.2 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

La clasificación supervisada como su nombre lo indica requiere de una intervención activa del especialista que esté realizando la clasificación de la imagen satelital, en esta actividad el analista debe indicar la forma en la que se deben clasificar los pixeles presentes en la imagen, esto a partir de la definición de áreas de entrenamiento, para realizar la clasificación es necesario tener conocimientos previos de la zona de estudio o insumos de alta resolución.

Para esta investigación se realiza dicha clasificación con el fin de obtener un resultado con información que se aproxime a la realidad de la capacidad productiva del área de estudio.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

2.1 PROCESAMIENTO DIGITAL

El procesamiento digital de imágenes consiste en técnicas de corrección, clasificación y transformación de la información inicial contenida en las imágenes, con el fin de generar nueva información, de mejor resolución, libre de errores, etc., sobre algún área de terreno.

Con respecto a los realces y mejoras, existen diferentes ajustes como el del contraste, las composiciones de color, saturación e intensidad, el Pseudo-color, entre otros. En cuanto a las correcciones se pueden encontrar las radiométricas y las geométricas,

con ellas se logra eliminar anomalías tanto de localización como de niveles digitales de los píxeles.

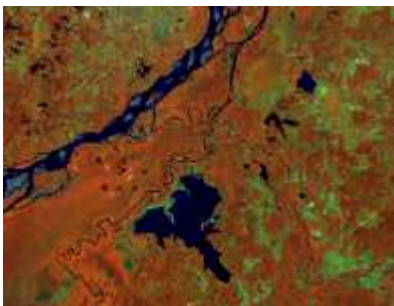
Por último, se tiene el procesamiento de las imágenes, que consiste en la creación de bandas artificiales y la combinación de las mismas, dirigidas a lograr una clasificación temática digital o visual. El software de procesamiento que se utilizó es Erdas Imagine 2020 y para la generación de las salidas gráficas ArcGis 10.7.1.

2.1.2 GENERACIÓN DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES

Una vez realizado el proceso de la unión de bandas se deben combinar con el fin de obtener una mejor visualización de la temática a tratar en el presente artículo.

Para la imagen Landsat de 1998 y la imagen Landsat 2007 la combinación utilizada es RGB (453) con esta combinación se logra una diferenciación de la vegetación la cual toma tonalidades cafés, verdes y amarillos y los cuerpos de agua aparecen en tonalidades de azul oscuro como se logra apreciar en la Imagen 12 y 13 respectivamente. Existe otra combinación RGB (451) en la cual se aumenta la sensibilidad de la detección de diferentes etapas de crecimiento de la vegetación. La vegetación sana presenta tonalidades entre café y amarillo y zonas taladas presentan una tonalidad azul brillante.

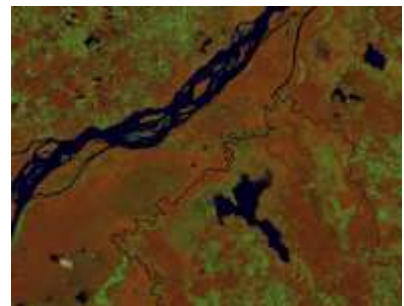
La combinación RGB 564 en la imagen Landsat 8 del año 2020 ayudará a diferenciar los usos del suelo en la zona de estudio. Obteniendo tonalidades cafés, naranjas y amarillas, y para los cuerpos de agua tonalidades de azul oscuro como se evidencia en la Imagen 14.



*Imagen 12. Combinación RGB
453 Landsat 5 1998*



*Imagen 13. Combinación RGB
453 Landsat 7 2007*



*Imagen 14. Combinación RGB
564 Landsat 8 2020*

2.2 CREACIÓN DE MOSAICOS Y RECORTE DE LA ZONA DE ESTUDIO CON EL SHAPE DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO MAGDALENA

Los mosaicos son un ensamble de diferentes fotografías dicho ensamble forma una imagen de una región mayor. Para cubrir el área de estudio es necesario realizar la unión de ocho imágenes por cada uno de los años a analizar, la herramienta Mosaic Pro une dichas imágenes las cuales se encuentran georreferenciadas sin importar su proyección o tamaño de pixel. Una vez ejecutada la herramienta se obtiene como resultado tres mosaicos los cuales deben ser recortados respecto al área de estudio, se obtiene el siguiente resultado:

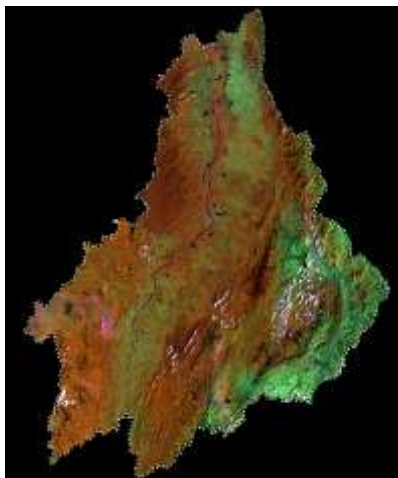


Imagen 15. Mosaico para el año 1998.



Imagen 16. Mosaico para el año 2007.



Imagen 17. Mosaico para el año 2020.

2.3 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

Para la clasificación supervisada se definieron 250 zonas de entrenamiento en el software ERDAS, donde se realizó una clasificación de coberturas entre bosque, agricultura, pastos limpios y cuerpos de agua, una vez ejecutada la herramienta se obtiene el resultado que se muestra a continuación:

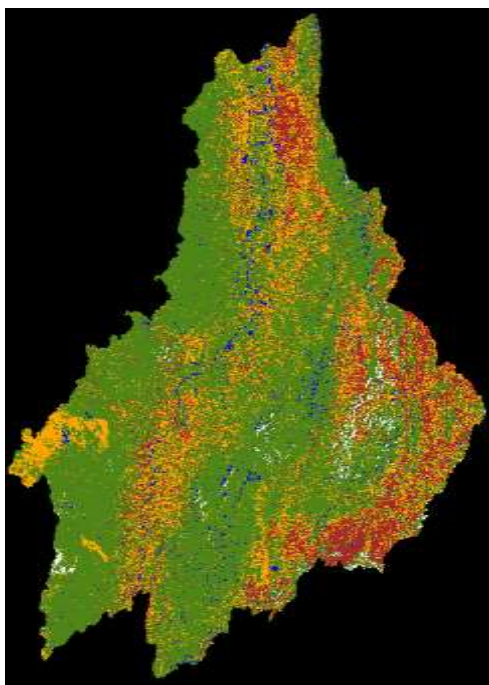


Imagen 18. Clasificación supervisada año 1998.

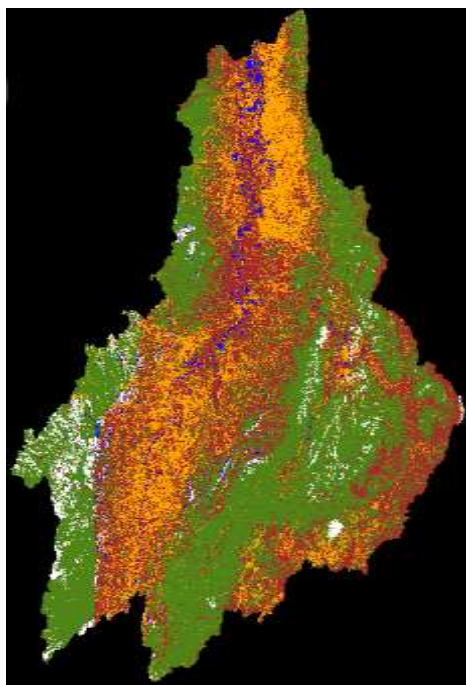


Imagen 19. Clasificación supervisada año 2007.

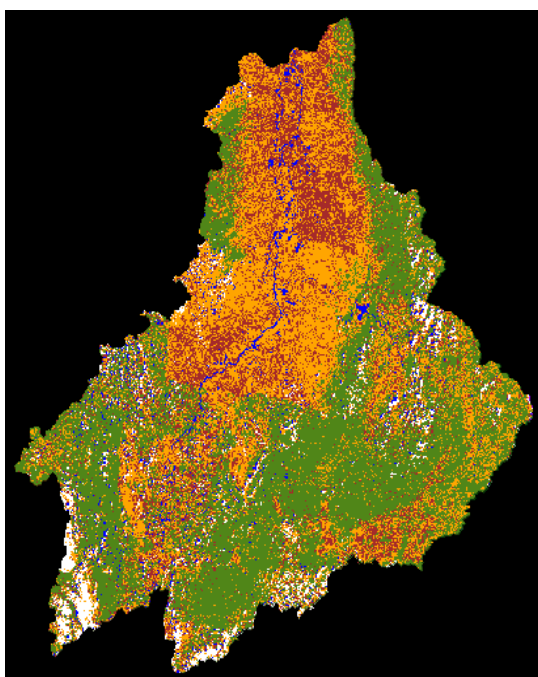






Imagen 20. Clasificación supervisada año 2020.

Tabla 1. Clasificación de coberturas en las clasificaciones generadas

	Bosque
	Agricultura
	Pastos Limpios
	Cuerpos de Agua

Al realizar la clasificación supervisada se evidencia un cambio en las coberturas entre los años analizados, hay una reducción en la cobertura de Bosque y un aumento en la cobertura de Agricultura en la cuenca media del río Magdalena. En la siguiente tabla se muestra el cambio del área para cada una de las coberturas en las diferentes épocas.

Tabla 2. Área en Ha de la pérdida de cobertura y cambios en la Cuenca Media del Río Magdalena

Cobertura	Año		
	1998	2007	2020
Bosque Nativo	60.698.659	45.944.448	37.638.703
Agricultura	16.785.302	61.984.046	69.752.249
Pastos Limpios	11.523.252	118.333.195	17.905.707
Cuerpos de Agua	180.922	135.937	142.682

3. CONCLUSIONES

Implementar técnicas de procesamiento digital de imágenes, es una herramienta importante para el desarrollo de estudios de multitemporalidad donde se utilizan imágenes satelitales como insumo principal, permitiendo obtener información de tendencias de cambio en la superficie terrestre, como es el caso de las coberturas en la Cuenca Media del Río Magdalena.

El análisis de los resultados obtenidos mediante el procesamiento digital de imágenes satelitales permite reconocer las dinámicas de cambio en la cobertura de la Cuenca Media del Río Magdalena.

La corrección de bandeamiento aplicada a las imágenes Landsat 7 permite tener un área de trabajo completa y lograr la unión de las imágenes para generar el mosaico respectivo, adicionalmente los realces utilizados como el ajuste de la radiometría y los métodos del ajuste de contraste permite la identificación de las coberturas presentes en la zona de estudio.

Al realizar la clasificación supervisada se observa el cambio en las coberturas presentes en la zona de estudio, con base a los resultados, se puede concluir que la intervención del ser humano y sus asentamientos han causado una pérdida de las áreas de bosque y han aumentado las áreas en agricultura, dado que para la supervivencia del mismo se da la necesidad de intervenir las zonas de bosque y convertirlas en zonas para cultivos y ganadería y así lograr su conservación, cabe aclarar que esta conclusión se hace tomando únicamente como referencia las imágenes clasificadas sin tener datos tomados en campo.

De acuerdo a los resultados obtenidos el proyecto expuesto servirá como base para realizar diferentes estudios en área de la cuenca media del río Magdalena más puntuales que ayuden a determinar posibles causas del cambio presentado. Para obtener una mejor información de las coberturas existentes, es necesario contar con datos tomado en campo del área de cubrimiento de la imagen y así poder elaborar una clasificación más precisa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atencia Vergara, V. A., Contreras Chavez, J. J., & Vergara Herrera, D. M. (2008). *Repositorio UniSucre*.
Obtenido de
<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/935/1/T333.91814%20A864.pdf>
- Bernal Duffo, E. (Junio de 2013). *Banrepcultural*. Obtenido de
<https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-282/el-rio-magdalena-escenario-primordial-de-la-patria>
- Chuvieco Salinero, E. (1990). *Fundamentos de la Teledetección Espacial. Edición Ilustrada*. Barcelona, España: Rialp.
- EAFIT. (2017). Cuenca del Magdalena, en alerta ambiental. *Revista Universidad EAFIT*.
- Hernández Leal, P. A. (s.f.). Análisis espacio-temporal de la desertificación usando los sensores NOAA-AVHRR y Landsat TM. *Análisis espacio-temporal de la desertificación usando los sensores NOAA-AVHRR y Landsat TM*.
- Neva Díaz , N. J. (2014). *Bases conceptuales, procesos de regularización de la propiedad rural y acceso a tierras*. Unidad de planificación rural agropecuaria (UPRA) .
- Prof. Da Silva, C. J., Lic. Insaurralde, J. A., & Dr. Cardozo, O. D. (2014). CARTOGRAFÍA DE COBERTURAS DEL SUELO MEDIANTE SENSORES REMOTOS, DE LA CIUDAD DE RESISTENCIA, ARGENTINA. *Revista Geográfica Digital IGUNE*.
- Rodríguez Barrientos, Y., & Velázquez Bermúdez, J. M. (Marzo de 2020). *Informatica Habana*.
Obtenido de <http://www.informaticahabana.cu/sites/default/files/ponencia-2020/GEO099.pdf>
- Universidad del Valle. (Noviembre de 1998). *OSSO*. Obtenido de
https://www.osso.org.co/docu/proyectos/grupo-osso/2000/buenaventura/anexo5-0_Estudio_Demostrativo.pdf